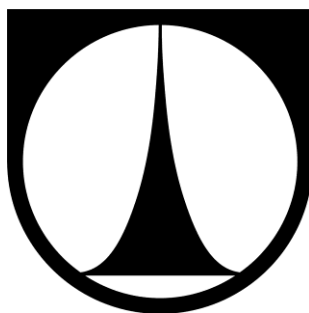


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE





Obor : Strojní inženýrství
Katedra: výrobní systémy
Zaměření : Výrobní systémy

**TVORBA VIRTUÁLNÍHO ZÁSOBNÍKU NÁSTROJŮ PRO OBRÁBĚCÍ
CENTRUM A OVĚŘENÍ KOLIZNÍCH STAVŮ**

**THE CREATING OF A VIRTUAL TOOLS STORE FOR MACHINE CENTRE
AND THE VERIFICATION OF COLLISION STATES**

KVS - OS - 133

VS

Vedoucí práce: *Ing. Petr Keller Ph.D.*
Konzultant práce: *Ing. Jiří Šafka, Dis.*

Počet stran	44
Počet obrázků	48
Počet tabulek	3
Počet modelů	2

V Liberci 19. května 2013

Zadání katedry

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci 19. Května 2013

.....

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

In Liberec 19. May 2013

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Petru Kellerovi, Ph.D. za cenné rady a neskonalé podnětné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat konzultantovi Ing. Jiřímu Šafkovi, Dis., který mi věnoval svůj cenný čas a poskytl mi pracovní zázemí na katedře, a tím hodně přispěl k tvorbě této práce. Především bych chtěl poděkovat mým rodičům, kteří při mně stáli a plně mě podporovali během studia jak psychicky, tak i morálně. Poděkovat bych chtěl i všem přátelům za podporu v těžkých okamžicích.

Anotace

Cílem Bakalářské práce je doplnit stávající postprocesor CAD/CAM systému EdgeCAM pro stroj Mazak Integrex 100-IV o 3D modely používaných nástrojů a vytvořit tak ucelený virtuální zásobník nástrojů. Dále je cílem ověřit funkčnost zásobníku na praktických příkladech včetně porovnání obrábění v CAD/CAM systému s reálným obráběním na stroji. Práce obsahuje seznámení s prostředím EdgeCAM, kde byl zásobník vytvořen až po samotnou ukázkou tvorby jednotlivých modelů držáku nástrojů. Hlavní přínos této práce je zkrácení výrobního procesu od naprogramování součásti až po její zhotovení na stroji. Dalším přínosem je i možnost kontroly kolizních stavů při simulaci obrábění v programu EdgeCAM.

Klíčová slova:

Postprocesor, EdgeCAM, stroj, CAD/CAM, Mazak

Annotation

The goal of the thesis is to add 3D models of tools to current postprocessor CAD/CAM of the EdgeCAM system for the machine Mazak Integrex 100-IV. This way is creating a complete virtual storage. Other goal is to verify the function of the storage on practical examples including comparison of CAD/CAM machining with real machining. The thesis contains introduction of EdgeCAM environment, where the virtual storage was made, until the sample of creation of the models of tool holders. The main contribution of this thesis is the shortening of the manufacturing process from programming until its creation in the machine. Another benefit is also the possibility of checking the collisions while machining simulation in EdgeCAM program.

Keywords:

Postprocessor, EdgeCAM, machine, CAD/CAM, Mazak

Obsah

ÚVOD.....	10
1. REŠERŠE CNC STROJŮ A CAD/CAM SYSTÉMŮ	11
1.1 Systémy CAD/CAM.....	11
1.2 Úloha postprocesoru	12
1.3 Tvorba NC programu.....	12
1.3.1 Struktura NC programu	13
1.4 EdgeCAM	14
1.5 Současný stav – stroj Mazak Integrex 100-IV	15
2. TVORBA 3D CAD MODELŮ NÁSTROJŮ	18
2.1 Nástroje pro obráběcí centrum Mazak Integrex 100-IV	18
2.2 Získání dat 3D dat modelů nástrojů	18
2.3 Úprava 3D CAD modelů	19
2.4 Postup úpravy 3D CAD modelů	19
2.4.1 Úprava soustružnického držáku nástrojů.....	21
2.4.2 Úprava vícedílného držáku nástrojů	22
2.4.3 Úprava speciálních nástrojů.....	23
2.4.4 Tvorba nástrojů bez 3D CAD modelů	24
3. POPIS OSAZENÍ MODELU NÁSTROJŮ	25
3.1 Správce zásobníku nástrojů	25
3.2 Zásobník nástrojů.....	26
3.3 Osazení modelů v zásobníku nástrojů.	26
3.3.1 Strojní vrták průměr 10 mm.....	27
3.3.2 Kulová fréza 2mm	29
3.3.3 Stranový soustružnický ubírací nůž.....	31
3.3.4 Soustružnický upichovací nůž	33
4. SIMULACE OBRÁBĚNÍ V EDGECAMU	34
4.1 Kolizní stavy při obrábění.....	34
4.1.1 Kolize nástrojové hlavy a prostoru stroje	34
4.1.2 Kolize rychloposuvu do materiálu	35
4.1.3 Kolize držáku vůči obrobku.....	35
4.1.4 Kolize vnitřního soustružení s odskokem.....	36
4.1.5 Kolize lokální podříznutí	36
4.2 Nucená úprava grafiky držáku nástrojů	37
4.3 Význam držáku nástroje v praxi	38
4.4 Simulace obrábění tvarové součásti.....	40
ZÁVĚR	41
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	42
SEZNAM OBRÁZKŮ	43

Seznam použitých symbolů a zkratek.

CAD – (Computer Aided Design) počítačem podporované navrhování – software pro projektování či konstruování na počítači

CAM – (Computer Aided Manufacturing) – počítačem podporovaná výroba

CAD/CAM – (počítačový systém zahrnující oba předešlé software, tj. integrované konstruování i výroba součástí)

CNC – (Computer Numerical Control) počítačem řízený obráběcí stroj

PLM – (Product Lifecycle Management) souhrny pro filozofii produkce výrobku

NC – Číselné řízení

PC – Stolní počítač

3D CAD – objemový model vytvořený v některém z konstrukčních programů

.stp – (Standard for Exchange of Product) výměnný souborový formát pro 3D CAD data používaný běžně ve strojírenství

ProE – Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 CAD software společnosti PTC

.Prt – soubor objemového modelu program Pro/ENGINEER

ISO – Mezinárodní organizace pro standartizaci

dm_m – průměr stopky nástroje [mm]

D_{c2} – průměr řezné části nástroje [mm]

r_ϵ – poloměr špičky nože [mm]

a_p – hloubka řezu [mm]

Úvod

V dnešní době jsou CNC stroje nedílnou součástí strojírenského průmyslu, který se snaží vyrovnávat velkou poptávku výrobků trhu. CNC stroje (Computer Numeric Control) jsou počítačem číslicově řízené stroje. Tyto stroje nacházejí uplatnění ve středně až velkosériové – nebo naopak – prototypové výrobě, kde urychlují a zefektivňují výrobu součástí. CNC centra umožňují provádět více operací současně (vrtání, soustružení, frézování) na jedno upnutí, díky tomu nedochází ke zbytečnému polohování součástí a dosahuje se přesnějších rozměrů. Tyto stroje také procházejí velkou modernizací, kde je kladen velký důraz na funkčnost stroje a stále rychlejší a přesnější výrobu. Nevýhodou CNC strojů a center oproti klasickým konvenčním strojům (soustruhy, frézky) je jejich vyšší pořizovací cena a vyšší nároky na kvalifikovanou obsluhu. Klasické konvenční stroje však stále nacházejí uplatnění v malosériové a kusové výrobě jednodušších součástí. Rozdíl mezi konvenčním strojem a CNC je, že většina CNC strojů musí mít řadu doplňků, ať už se jedná o speciální upínače, měřicí sondy, připojení na vysokotlaká média, vyšší náklady na servis. Dále je potřeba modelační software CAD/CAM a nebo postprocesor stroje, aby stroj mohl pracovat, dle připraveného virtuálního obrábění v CAM programech. Tato práce se zabývá tvorbou virtuálního zásobníku včetně doplnění 3D grafiky geometrie nástrojů. Další oblastí zájmu je i zamezení případných kolizních stavů, které slouží ke správné výrobě obrobku, plynulosti výrobního procesu a snížení počtu simulací prováděných přímo na stroji. Díky těmto postupům lze zkrátit výrobní čas od virtuálního naprogramování dané součásti až po její finální fyzickou výrobu na CNC stroji.



Obr. 2. Konvenční soustruh [6]



Obr. 1. CNC soustruh [7]

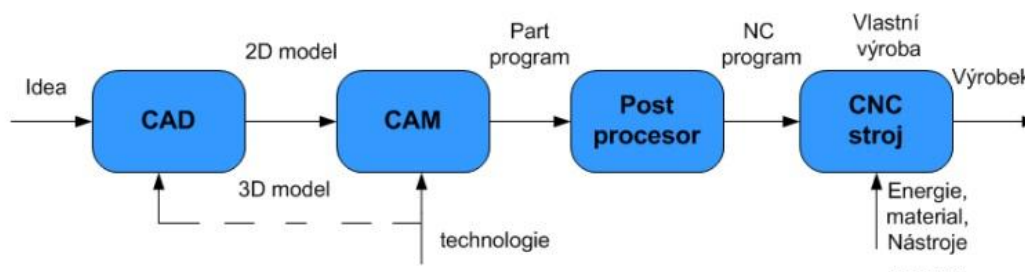
1. REŠERŠE CNC STROJŮ A CAD/CAM SYSTÉMŮ

1.1 Systémy CAD/CAM

Hlavní uplatnění CAD/CAM systému je v oblasti výroby různých forem, tvarově složitých součástí v různém odvětví strojírenského průmyslu (automobilový, letecký, atd.) nebo i v oblasti kusové, sériové či prototypové výroby. Tyto systémy jsou součástí oblasti PLM (Product Lifecycle Management), které jsou souhrnnou zobecněnou filozofií produkce výrobku než konkrétní aplikace jako je CAD, CAM. [1,2].

CAD systém (Computer Aided Design) je počítačem podporovaný návrh. Jedná se o konstrukční návrh, kde celá 3D geometrie nového modelu je modelována v reálné formě. Je to soubor informací a prostředků, které vytvářejí geometrický model. Myšlenka budoucího výrobku se přenesení do počítače, kde dojde k vymodelování součástí, k tomu se využije některý ze softwarů, tzv. CAD programy (ProE, Autocad, CATIA, Inventor, atd.). [1,2]

CAM systémy (Computer Aided Manufacturing) je počítačem podporovaná výroba. Systém pracuje na základě sběru dat a informací vytvořených v systému CAD. Tento systém umožňuje simulovat a sledovat různé technologické operace při výrobě vlastní součásti. Simulují se zde práce a pohyby jednotlivých nástrojů daných technologií (soustružení, frézování, vrtání atd.). Po odladění a ozkoušení daných operací výroby součásti je modulem CAM vygenerován NC kód, který je přenesen na určitý CNC stroj dle technologie výroby. Mezi typické CAM systémy patří EdgeCAM, SurfCAM, MasterCAM, SolidCAM.[1,2]



Obr. 3. Hierarchie výroby součásti pomocí CAD/CAM systému [3]

1.2 Úloha postprocesoru

Postprocesor zpracovává informace z výrobního a technologického procesoru, kde je brán ohled na konkrétní CNC stroj s použitím daného řídicího systému. Postprocesor slouží jako překladač, který z CAM systému přihlíží k pracovním možnostem stroje a určuje polohy nástrojů. Dráhy nástrojů se pomocí postprocesoru transformují do souřadného systému stroje. Nakonec je prováděn výstup všech dat řídicího programu na některém nositeli informací v kódu, ve kterém pracuje řídicí systém CNC stroje. Každý CNC stroj musí mít vlastní postprocesor bez ohledu na jeho podobnost s jiným CNC strojem, ať už se jedná jen o jiný řídicí systém (Heidenhain, Sinumerik), v našem případě se jedná o řídicí systém Mazatrol Matrix. [4]

1.3 Tvorba NC programu

Pro každý CNC stroj je tvorba NC programu specifická, ať už se jedná o dané technologie (vrtání, frézování, soustružení), nebo o danou specifikaci stroje a jeho rozdělení podle pracovních os:

- 1osé (vrtačky),
- 2osé (soustruhy),
- 3osé (frézky),
- více osé (obráběcí centra).

NC program je soubor číselných informací, které popisují pracovní činnost stroje. Každý program se skládá z bloků (vět) zapsaných v jednom řádku. Každý řádek obsahuje pro stroj daný pracovní pohyb nebo informaci. NC kód se odešle na příslušný obráběcí CNC stroj, kde musí být v řídicím systému stroje tzv. odladěn od případných nesrovnalostí (korekce nástroje, nulový bod obrobku apod.). NC program je v současné době možné vyrobit třemi základními způsoby. [4,5]

- Ručně – zde programátor píše celý program na základě dané výrobní dokumentace.
- Pomocí CAD/CAM systému.
- Pomocí dílenského programování – program je tvořen řídicím systémem daného stroje na základě informací o původní (polotovaru) a konečné geometrii součásti.

1.3.1 Struktura NC programu

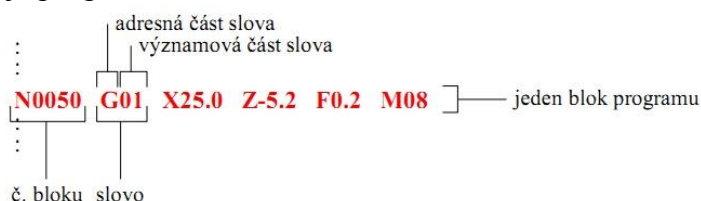
Každý blok (věta) programu se skládá ze slov. Slovo popisuje určitý příkaz a je složeno z adresy a číselného kódu. Adresa určuje, kam bude daná informace směřovat. Číselný kód určuje konkrétní hodnotu. Slova mohou být:

- *Rozměrová* – je to významová část programu, která je tvořena fyzikální veličinou, např. velikost otáček vřetena, velikost posuvu atd.
- *Bezrozměrová* – podle významu se rozlišují na přípravné funkce, sdělují, jakým způsobem bude prováděn pohyb, a na pomocné funkce, které vyvolávají určité činnosti stroje, např. spuštění otáček. [5,4]

NC program se skládá ze čtyř hlavních částí:

- | | | |
|---------|------------------|-------------------------|
| 1. část | - název programu | % 0001 |
| 2. | - přípravná část | technologické údaje |
| 3. | - obsahová část | geometrie drah nástroje |
| 4. | - závěrečná část | M30 |

NC program začíná číslem nebo názvem programu. Dále následuje nastavení nulového bodu obrobku, nástroje a jeho korekce řezných podmínek a určení smyslu otáčení vřetene. V další části program obsahuje již vlastní popis geometrie nástrojů. Na závěr je program ukončen funkcí M30.



Obr. 4. Formát bloku jednoho řádku NC programu [5]

1.4 EdgeCAM

V současné době je na Katedře výrobních systémů používán software EdgeCam 2012 R2. EdgeCam je kompletní CAM software, který je kompletním řešením jak pro produkční obrábění, tak pro výrobu tvarových forem a zápustek. Tento software umožňuje tvorbu NC drah pro 2 – 5osé frézovací operace včetně případné podpory soustružení a soustružnicko-frézovací centra.

Software EdgeCam nabízí tyto možnosti:

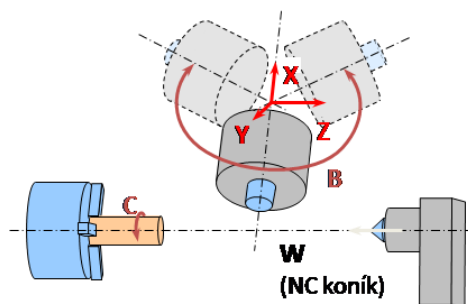
- podporu aplikace Editor NC kódu (generování NC programu pro 2 – 5osé stroje);
- obrábění pomocí drátové, plošné nebo pevné geometrie;
- EdgeCAM Part Modelář – úprava solid modelů nástrojů pro obrábění;
- simulace obrábění;
- import objemového solid modelu a různých standardních formátů. [4]

EdgeCam obsahuje další moduly:

- Konstruktor a kompilátor postprocesorů.
- NC komunikace – přenos dat mezi PC a NC strojem.
- Editor – editace a formátování souboru s NC kódem.
- Zásobník nástrojů – databáze nástrojů s informacemi (korekce, rozměry nástroje, tvar nástroje apod.).
- Simulátor EdgeCam.
- Správce zásobníku nástrojů – možnost editace zásobníku nástrojů.
- Manažer a asistent zakázek.

1.5 Současný stav – stroj Mazak Integrex 100-IV

Katedra má k dispozici výkonné 5osé CNC centrum značky Mazak Integrex 100-IV od japonské firmy Yamazaki Mazak. Toto CNC centrum umožňuje velmi přesné a výkonné obrábění, jak ze škály materiálu (kov, plast, hliník atd.), tak i do zvolené technologie obrábění, tvarů a velikostí obrobků. Mimo základní operace, jako je frézování či soustružení, umožňuje stroj Mazak, také mimo-osé vrtání děr a řezání závitů. Z tohoto hlediska je velmi výhodné, že na jedno upnutí obrobků se dá použít více technologií. Za normálního stavu by se musel obrobek několikrát polohovat, nebo dokonce by musel být přenesen na jiný stroj požadované technologie (vrtačka, frézka, soustruh), a tím by nedocházelo k tak přesné rozměrové výrobě jako na CNC centru. [4,8]



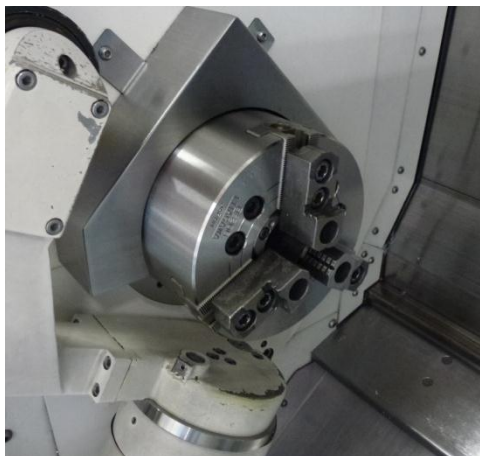
Obr. 5. Kinematické schéma Mazak Integrex 100-IV [9]

Osy X, Y, Z – hlavní řezné posuvy, které koná nástrojová hlava.

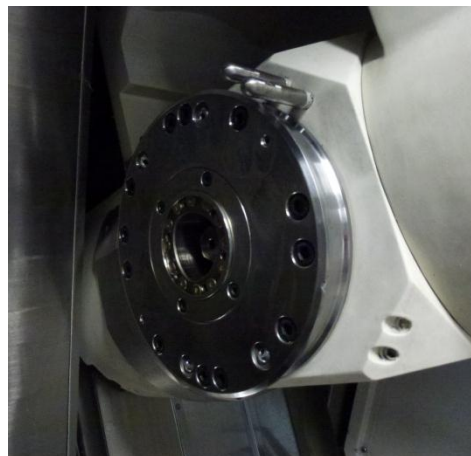
Osa C – polohování hlavního vřeten s možností úplného zabrzdění osy.

Osa B – natáčení hlavy nástrojového vřeten

Stroj Mazak má hlavní a nástrojové vřeten. Průchozí vřeten, které umožňuje obrábění delšího tyčového materiálu, má výhodu v plynulosti řízení C-osy (inkrement $0,0001^\circ$), v možnosti zabrzdění při bodových operacích, kde řezný pohyb vykonává nástroj (vrtání, závitování). Nástrojové vřeten má vlastní motor pro upnutí pevných a poháněných nástrojů. Otáčky poháněného nástroje jsou v rozmezí 0-12000 ot/min. B-osa umožňuje naklápění nástrojového vřeten v rozsahu -30° až 195° s inkrementem $0,0001^\circ$. [4,8]



Obr. 7. Hlavní vřeteno stroje



Obr. 6. Nástrojové vřeteno stroje

Stroj je vybaven zásobníkem na 20 nástrojů, přičemž v pracovním prostoru lze používat jen jeden nástroj upnutý v nástrojovém vřetenu. Ostatní nástroje jsou v zásobníku, který se nachází v zadní části stroje a nezasahuje do pracovního prostoru potřebného k obrábění. [5,3]

Typ stroje Integrex		Velikost sklíčidla hlavní	Max. obráběný průměr [mm]	Max. délka (pojezd Z) [mm]	Osa Y [mm] Osa B [°]	Otáčky vřetene [1/min] Otáčky nástroje [1/min]	Výkon vřetene nástroje [kW]	Počet nástrojů v zásobníku
100	IV	Ø 110 – 350mm	545	570	+/- 70 -15+195	6000 12000	11	20

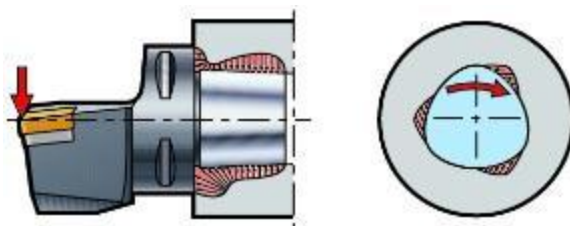
Tab. 1. Technické parametry stroje Mazak Integrex 100-IV [8]



Obr. 8. Fotografie stroje Mazak Integrex 100-IV

2. TVORBA 3D CAD MODELŮ NÁSTROJŮ

Při tvorbě NC programu je velmi důležité mít k dispozici reálné modely nástrojů. Jak z hlediska simulace, tak i při tvorbě samotného výrobního procesu (NC programu) v daném CAM software. V našem případě se jedná o software EdgeCam. Stroj Mazak Integrex 100-IV je osazen obráběcími nástroji Sandvik Coromant od Švédské firmy AB Sandvik Coromant, která patří mezi přední světové dodavatele nástrojů. Stroj je vybaven upínacím systémem Coromant Capto, které umožňuje upnutí jak rotačních tak nerotačních nástrojů.



Obr. 9. Ukázka rozložení sil upínací systém Coromant Capto [11]

2.1 Nástroje pro obráběcí centrum Mazak Integrex 100-IV

Pro nástrojové vřeteno obráběcího centra je velmi důležitý typ a velikost upínače nástrojů. Nelze upnout do nástrojové hlavy jakýkoliv nástroj s různým typem upínací části nástroje. Pro CNC centrum Mazak se jedná o upínače s označením CAPTO C6, což je základní informace pro další zpracování a tvorbu nástrojů.

2.2 Získání dat 3D dat modelů nástrojů

Je několik způsobů, jak získat 3D data a geometrii nástrojů

- Tvorba modelů podle výrobní technické dokumentace, produktového katalogu Sandvik
- 3D skenováním skutečných nástrojů
- Manuálním přeměřováním skutečných nástrojů
- Stažením dostupných 3D CAD modelů přímo z databáze výrobce Sandvik

Stažená 3D data jsou nejvýhodnější, neboť je to časově nejrychlejší a data jsou přímo z databáze výrobce, a jsou tím pádem nejpresnější. Manuálním přeměřováním by bylo dosaženo rozměrovou nepřesností, která by mohla mít později vliv při zjišťování případných kolizních stavů. Možností 3D skenováním se dají získat složité tvarové plochy reálného modelu. Tato metoda ovšem vyžaduje další potřebné vybavení jako je 3D scanner a odpovídající software pro skenování. Součástí produktového katalogu Sandvik je ke každému 3D modelu přiložena technická dokumentace ve 2D, která slouží k případnému domodelování. Pro tuto práci je tvorba modelů podle technické dokumentace ve 2D velmi pracná, časově náročná a vyžaduje dobré znalosti 3D CAD software.

2.3 Úprava 3D CAD modelů

Stažené 3D modely byly upravené ve studentské verzi Autodesk Inventor 2013. Jedná se o prostředí 3D CAD software, které nabízí jak editaci solid modelů tak i sestav. Zde docházelo k úpravám a doplnění grafiky nástroje. Především se zde odstraňovala přebytná grafika, jako jsou např.: upínací části, přichytné šrouby a zaslepení zbytečných děr. Jedná se o grafiku nástroje, která nemá žádný vliv na konečné a kolizní stavy nástrojů. Jeden z hlavních důvodů úpravy grafiky je velikost zpracovaných dat, kde velikost dat má vliv na výkonnost grafického čipu při vlastní simulaci obrábění. Stažené 3D CAD modely s příponou *.stp byly následně upravené a vyexportované ve formátu souboru *.prt, který se dále použije v Part Modeláři rozhraní EdgeCamu. [10]

2.4 Postup úpravy 3D CAD modelů

3D modely byly zpracovány podle aktuálního vybavení reálnými nástroji pro Mazak Integrex 100-IV. Na každém nástroji se nachází identifikační číslo, které označuje velikost typ a druh držáku. Na obr. 10 je vidět ukázka označení nástroje (C6-391.14-25 100), které se zadá do www katalogu nástrojů výrobce Sandvik. V tomto případě se jedná o kleštinový držák pro rotační nástroje (frézy, vrtáky, závitníky)

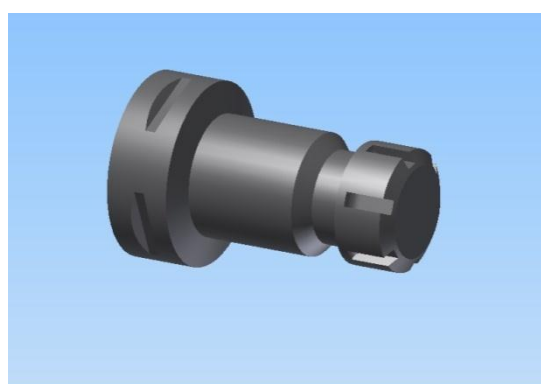


Obr. 10. Číselné označení nástroje

Po stažení 3D modelu daného nástroje z www katalogu výrobce a vlastního importu souboru do 3D CAD software Autodesk Inventor následuje již výše zmiňované odstranění přebytečné grafiky, nejčastěji upínací části. Jedná se o část nástroje, která je ve skutečnosti zasunutá v nástrojové hlavě, která je součástí postprocesoru, proto je zbytečné, aby nástroj měl upínací část. Na Obr. 12 je vidět ukázka neupravené a obr. upravené grafiky držáku nástrojů.



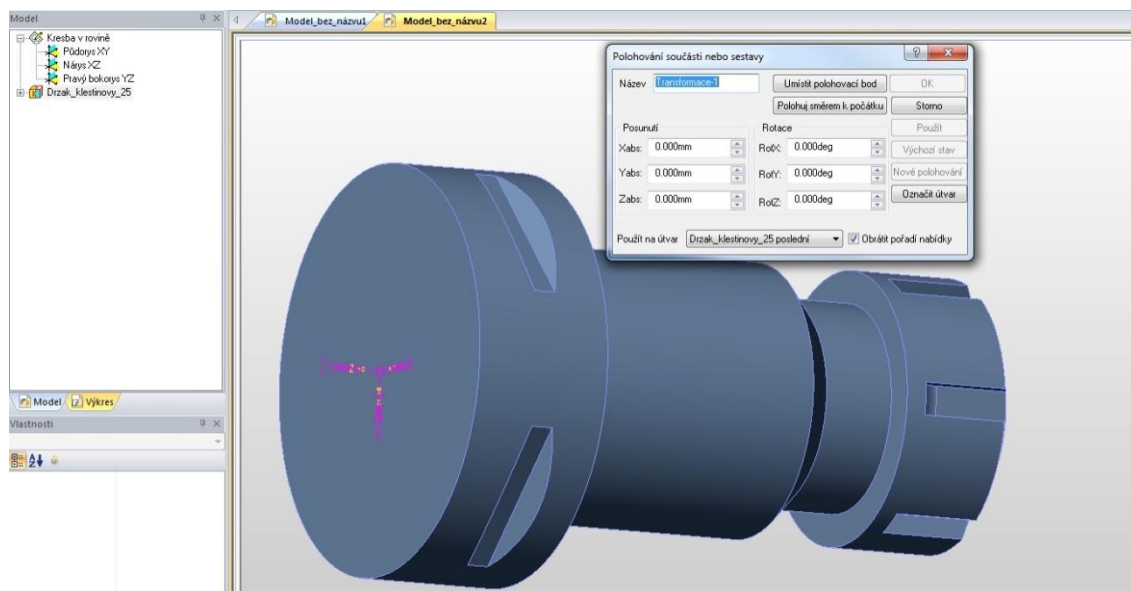
Obr. 12. Neupravená grafika držáku nástrojů



Obr. 11. Upravená grafika držáku nástrojů

Po potřebné úpravě nástrojů se data vyexportují a dále se upravují v Part Modeláři. Zde se nástroj napolohuje, je mu dán název, určen souřadný systém a je připraven na import do zásobníku nástrojů. Modely nástrojů se polohují až v Part Modeláři, protože je přímo provázán s programem EdgeCam. Na obr. 13 je zobrazen název držáku nástroje a souřadný systém v prostředí EdgeCam.

Název modelu (souboru) je důležitý, neboť exportované modely se přímo ukládají do databáze EdgeCamu, kde by při editaci nástroje vznikaly problémy při jeho vyhledávání.



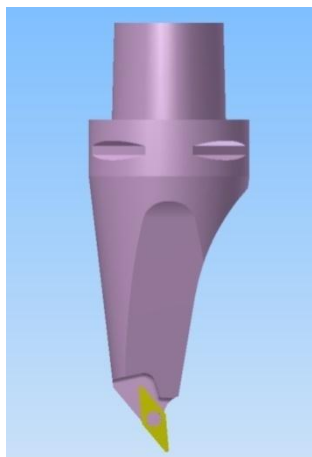
Obr. 13. Ukázka napolohování držáku nástrojů v Part Modeláři

Při polohování součásti je výhodné určit souřadný systém tak, aby osa držáku – Z procházela středem nástroje. Je to z důvodu zachování souřadného systému, který je definován na stroji. Směry ostatních os v tomto případě nehrají roli, neboť jde o rotační držák nástroje, kde při určování geometrie budeme vycházet z osy rotace držáku a vysunutí v ose Z.

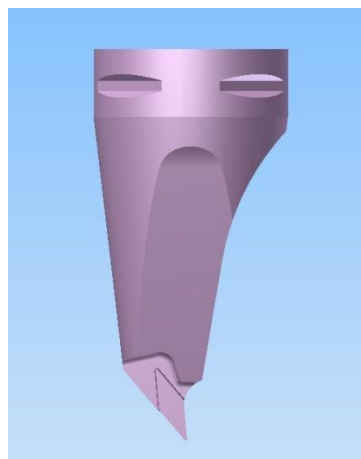
2.4.1 Úprava soustružnického držáku nástrojů.

Některé držáky nástrojů nejsou rotační, jako tomu bylo u výše zveřejněného 3D CAD modelu. Převážně se jedná o nástrojové držáky různých typů soustružnických nástrojů (vnitřní, upichovací, ubírací, závitové, atd.). Nástroje nejsou rotační a při obrábění (soustružení) zaujímají nástroje určitou polohu a v té pracují po celé délce dané operace. Zde je brán větší ohled při úpravě grafiky na různé typy ploch, např. zaoblení, vybrání, a jinak tvarové plochy. Tyto plochy by se mohly lišit od reálných nástrojů a nepřesná geometrie nástroje by měla za následek nesprávné kolizní stavy. Většina soustružnických držáků nástrojů je z databáze výrobce importována i s břitovou destičkou. V tomto případě se břitová destička odstraní, protože by při správném

polohování docházelo místo k obrábění dané plochy ke kolizi břitové destičky s obráběnou plochou. Na obrázku Obr. 14 a Obr. 15 je zobrazena úprava soustružnického stranového ubíracího nože. Polohování v Part Modeláři probíhá stejně jako u kleštinového držáku s výjimkou s právnosti dodržování os X, Y.



Obr. 14. Grafika držáku bez úpravy

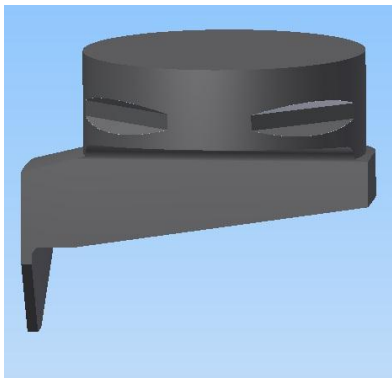


Obr. 15. Grafika držáku nástrojů po úpravě

2.4.2 Úprava vícedílného držáku nástrojů

Některé nástroje jsou tvořeny z více dílů (redukce, nástavce, vložky atd.), v tomto případě se jedná o sestavu. Zde je zapotřebí větší znalosti 3D CAD software při usazování jednotlivých dílů sestavy, poněvadž databáze zásobníku nenabízí sestavu jako celek, ale pouze jednotlivé 3D CAD data. Pro ukázkou byl použit upichovací soustružnický nůž, kde byl do sestavy vložen nástavec, protože při upichování součásti se nástroj pohybuje velmi blízko sklíčidla. Bez nástavce by při upichování součásti docházelo ke kolizi sklíčidla a nástrojového vřetene.

Po importování sestavy do Part Modeláře se daná sestava napolohuje, určí souřadný systém a pojmenuje. V tomto případě se musí pojmenovat všechny jednotlivé součásti sestavy, které tvoří sestavu, neboť při výstupu modelu do zásobníku nástrojů by zůstalo u nepojmenované součásti sestavy původní název *Součást*, což by mělo za následek neúplné vykreslení finálního modelu v zásobníku nástrojů.



Obr. 16. Původní držák nástrojů



Obr. 17. Nástavec



Obr. 18. Držák nástroje s nástavcem

2.4.3 Úprava speciálních nástrojů

K obráběcímu centru jsou k dispozici speciální nástroje. Např. za účelem zkrácení výrobního času při výměně nástrojů. Proto některé speciální nástroje jsou konstruované tak, že tělo nástroje umožňuje více různých operací, například frézovat a soustružit dvě různé technologie pouhým pootočením nástroje. Jedním z nástrojů je CoroPlex MT Obr. 19. Jde o nástroj, který obsahuje celkem čtyři vyměnitelné břitové destičky. Dvě destičky jsou pro frézování a dvě pro soustružení, kde jedna z nich je pro dokončovací a druhá pro hrubovací soustružení. Program EdgeCam neumí plně pracovat s těmito nástroji, proto musel být nástroj upraven tak, aby vždy pro danou technologii byly břitové destičky smazány a další břitové destičky zůstaly součástí držáku nástrojů z důvodů stavu kolizí. Pro doplnění zásobníku nástrojů byl tento nástroj vymodelován celkem ve třech podobách, přičemž byl pokaždé určen pro jiný způsob a druh obrábění frézování, hrubovací a dokončovací soustružení.



Obr. 19. Speciální nástroj MT CoroPlex



Obr. 20. Břítová část nástroje MT CoroPlex

2.4.4 Tvorba nástrojů bez 3D CAD modelů

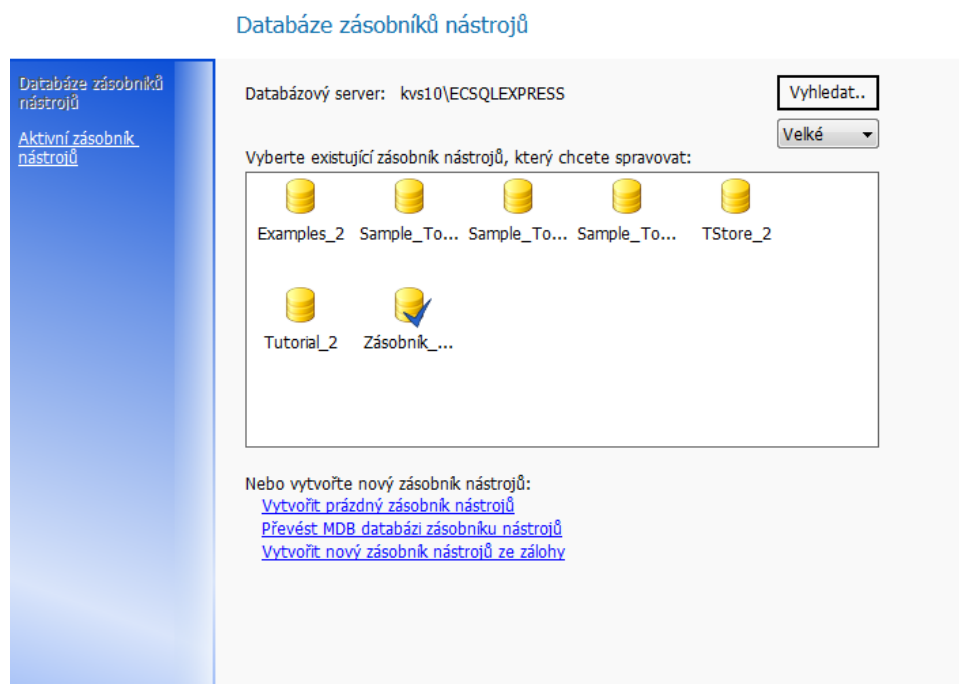
Databáze držáků nástrojů neobsahuje všechny nástroje ve 3D CAD modelech zejména menších držáků nástrojů ale nabízí technickou dokumentaci ve 2D, proto při tvorbě některých nástrojů zejména vnitřních soustružnických s redukcí byl použit přímo katalog nástrojů od výrobce, který obsahuje veškeré potřebné informace a rozměry, které sloužily pro vymodelování a získání požadovaného 3D CAD modelu.

3. POPIS OSAZENÍ MODELU NÁSTROJŮ

Po vytvoření jednotlivých modelů držáků nástrojů pro dané technologie (frézování, soustružení, vrtání) musí být modely držáků nástrojů osazeny reálnými řeznými nástroji ve správci zásobníků nástrojů, aby byly identické jako ve skutečnosti a bylo možno s nimi programovat v prostředí EdgeCam.

3.1 Správce zásobníku nástrojů

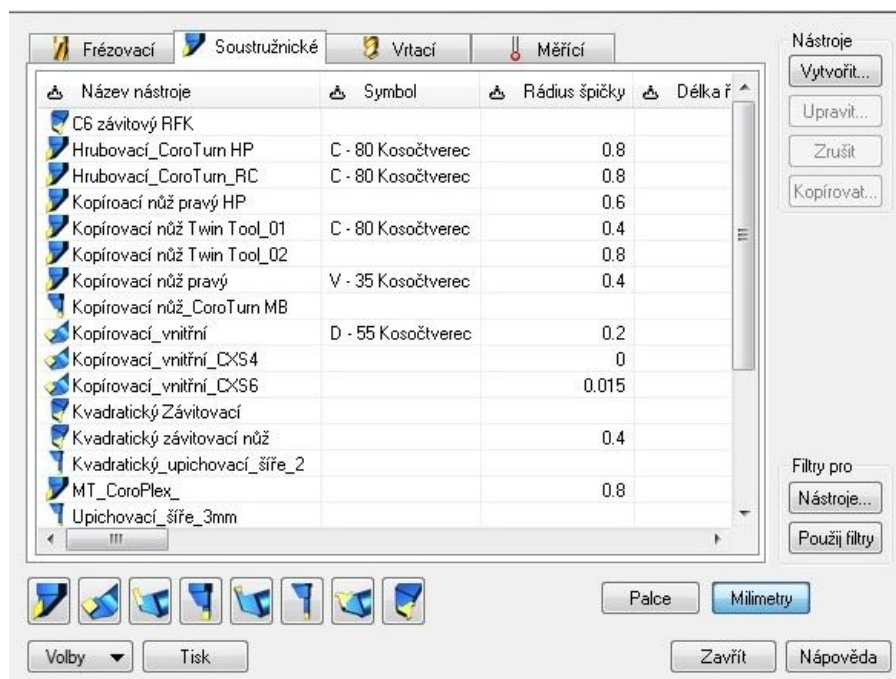
Jedná se o software součástí EdgeCamu, kde se vytváří jednotlivé databáze zásobníků nástrojů pro dané stroje. Pro vysvětlení pro stroj Mazak musí být vytvořená jiná databáze nástrojů, než pro soustruh EMCO TURN 120, který je také součástí laboratoře. Ve správci zásobníku nástrojů se zadá vlastní název zásobníku a cesta adresáře pro *Pomocné soubory*, odkud se bude daná databáze odkazovat na grafiku a geometrii nástrojů v zásobníku nástrojů.



Obr. 21. Správce zásobníku nástrojů

3.2 Zásobník nástrojů

Zásobník nástrojů je samotná databáze, kde jsou všem nástrojům nadefinované požadované řezné části např. vyměnitelné břitové destičky požadovaného typu, určitý tvar frézy, průměr vrtáku apod. Zásobník nástrojů je jedna z nedílných součástí programu EdgeCam, kde jsou nástroje přímo vybírány dle požadované technologie během programování.



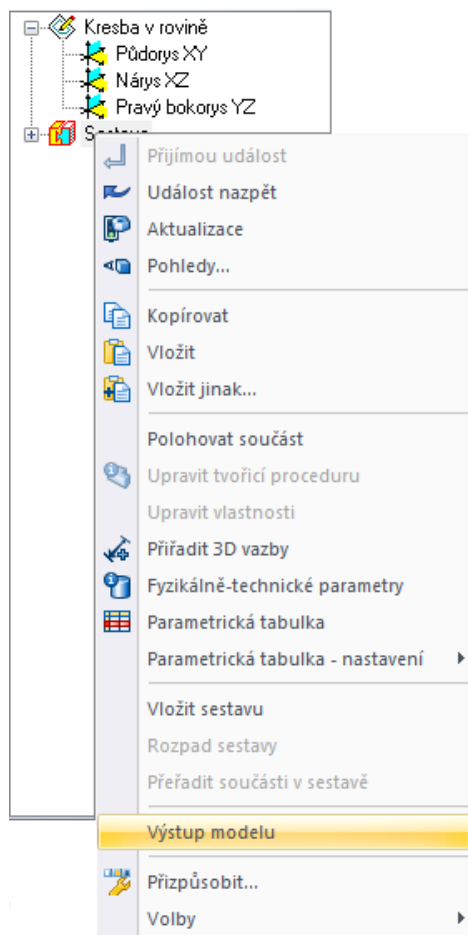
Obr. 22. Zásobník nástrojů

3.3 Osazení modelů v zásobníku nástrojů.

Každý nástroj podle technologie má specifické nastavení osazení v zásobníku nástrojů. Stroj Mazak je osazen několika nástroji jak už soustružnickými, frézovacími či vrtacími apod. Pro ukázkou tvorby osazení byl vybrán od každé technologie jeden nástroj vrták s průměrem 10 mm, kulová fréza průměr 2mm, soustružnický stranový kopírovací nůž a soustružnický upichovací nůž.

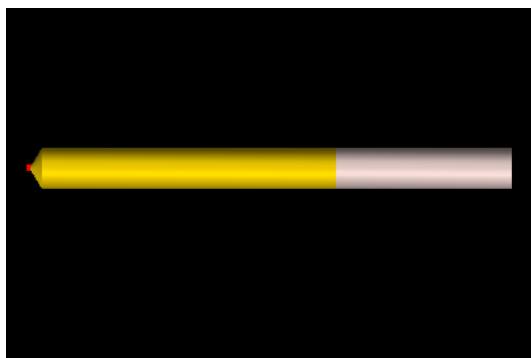
3.3.1 Strojní vrták průměr 10 mm

Všechny nástroje musí být upravené v Part Modeláři, jak již bylo zmiňováno. Vždy se musí napolohovat, a abychom dostali model do Zásobníku nástrojů, tak v levé straně obrazovky u názvu modelu zvolíme *výstup modelu*. Tento postup je u všech nástrojů vždy stejný.



Obr. 23. Výstup modelu z Part Modeláře

Nyní se model importoval do schránky zásobníku nástrojů. Po otevření Zásobníků nástrojů se vybere záložka *Vrtací* a vybere se *Vytvořit*. Nyní se otevře nové okno se záložkou *Základní*. Zde se pojmenuje nástroj a určí se typ vrtáku (výstružník, záhlubník, navrtávák apod. V záložce *Geometrie* se definuje samotný nástroj a v pravé části okna se přímo vytváří ze zadaných hodnot řezná část nástroje. Grafika nástroje je jednoduchá a tvoří ji jen válec. Žlutá barva představuje řeznou část stejně jako u reálného vrtáku. V našem případě pro vrták průměru 10 jsou tyto hodnoty:

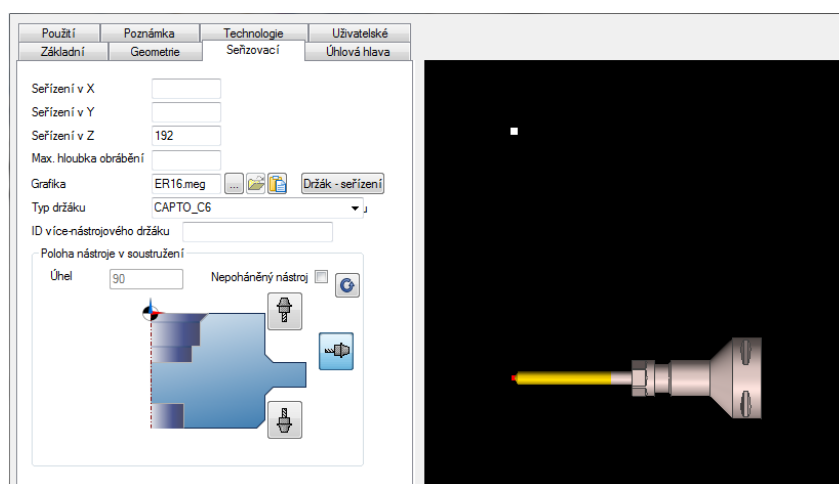


Průměr	10 mm
Vrcholový úhel	118°
Délka řezné části	75 mm
Počet zubů	2
Smysl nástroje	Pravý
Délka stopky	43 mm
Průměr stopky	10 mm

Obr. 24. Model Vrtáku průměr 10 mm

Tab. 2. Parametry vrtáku průměr 10 mm

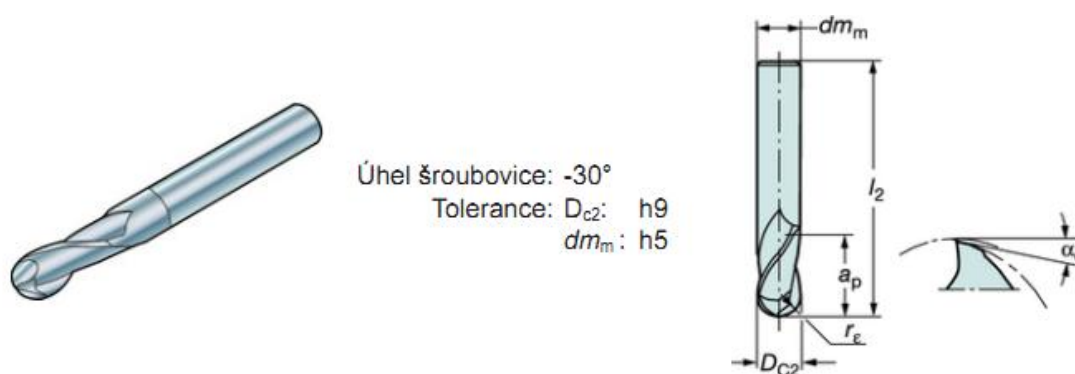
Pro dokončení nadefinování nástroje je záložka *Seřizovací*, zde se vloží grafika držáku nástroje. Jsou zde na výběr tři způsoby, jak grafiku naimportovat, buď se grafika vyhledá z adresáře, vytvoří se manuálně v EdgeCamu, nebo v našem případě se vloží se schránky Part Modeláře. Zde je ještě potřeba v odkazu *Držák seřízení* zadat hodnotu vysunutí nástroje. Dále se zde určí *Typ držáku* CAPTO_C6. Musí se zadat hodnota *Seřízení v Z*, tato hodnota představuje korekci, která by měla být totožná jako na stroji. Kdyby byla hodnota 0, nástroj by byl při simulaci ukryt v nástrojové hlavě a docházelo by ke kolizi. Jako poslední se nadefinuje *poloha nástroje v soustružení*, zde se vybere Radiální ZY, neboť se jedná o počáteční polohu nástroje v rovině Z čelně k obrobku. Nyní je nástroj kompletní a připraven na používání v prostředí technologie programu EdgeCam.



Obr. 25. Model držáků nástrojů s vrtákem průměrem 10 mm

3.3.2 Kulová fréza 2mm

Jedná se o frézovací nástroj, který jako v předchozím případě bude také upnut do kleštinového držáku. Po spuštění zásobníku nástrojů se zvolí *Frézovací* a tlačítko *Vytvořit*. Postup je stejný jako u vrtáku. Podle katalogu výrobce má nástroj předepsané hodnoty pro řeznou a upínací část nástroje. Tyto hodnoty zadáme do požadovaných polí v záložce *Geometrie*. Pro tento nástroj bude muset dojít k úpravě grafiky podle katalogu, protože řezná a upínací část se rozměrově liší.



Obr. 26. Kulová fréza z katalogu výrobce Sandvik Coromant [11]

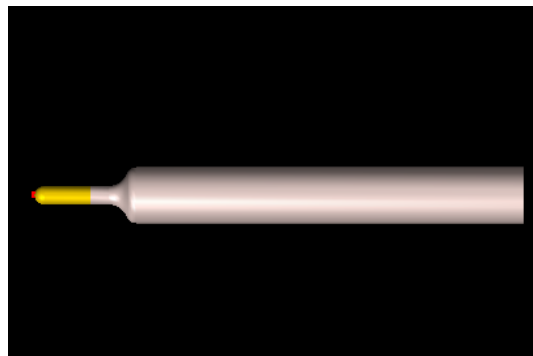
D_{c2}	dm_m	l_2	r_ϵ	a_p
2 mm	6 mm	60 mm	1 mm	6 mm

Tab. 3. Parametry kulové frézy průměr 2mm z katalogu výrobce

Ve spodní části záložky *Geometrie* se zvolí možnosti *Upravit grafiku v EdgeCam*. Nyní se otevře prostředí EdgeCam, kde bude nakreslen obrys z hodnot, které byly zadány. Podle katalogu upravíme tvar tak, aby odpovídal skutečnému modelu frézy. Zde při upravování je zapotřebí zkušeností z důvodů používání hladin mezi řeznou a upínací částí. Po uložení grafiky modelu nástrojů se pokračuje v záložce *Seřizovací* stejným způsobem jako u vrtáku.

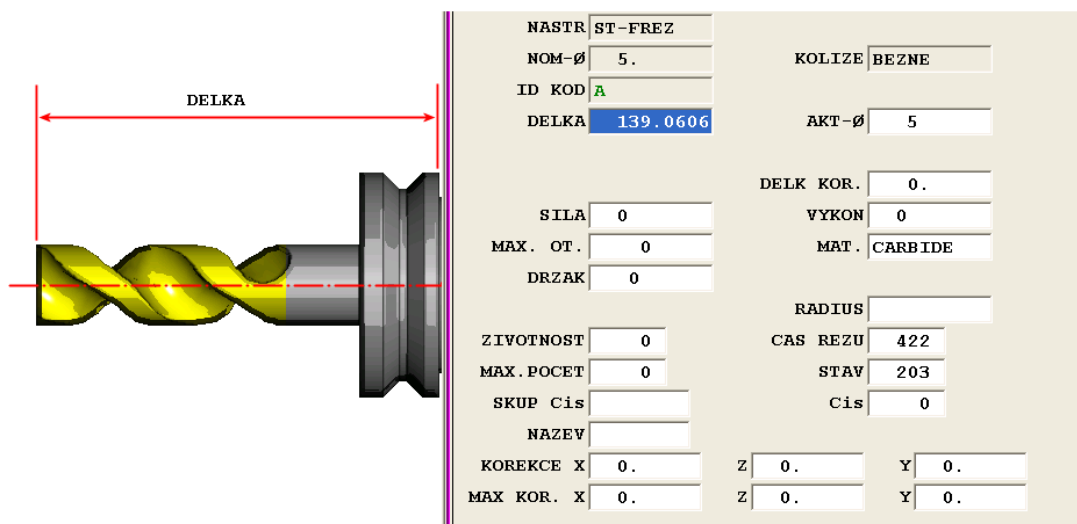


Obr. 28. Grafika kulové frézy před úpravou

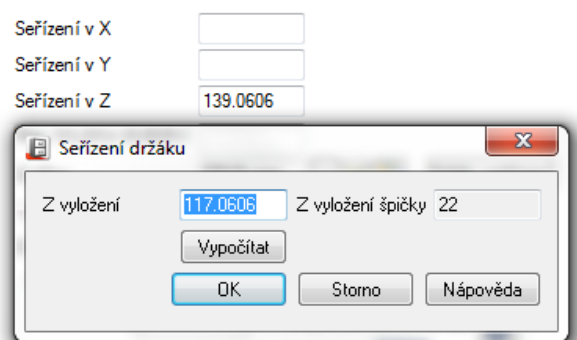


Obr. 27. Grafika kulové frézy po úpravě v EdgeCamu

Na obrázku Obr. 29 je zobrazena hodnota délkové korekce skutečného nástroje. Tato hodnota ze stroje se opíše do zásobníku nástrojů k danému nástroji. V našem případě se jedná o vřetovou frézu o průměru 5 mm. V záložce *Seřizovací* zadáme v kolonce *Seřízení* v Z hodnotu ze stroje. Tímto jsme dostali seřízení virtuálního nástroje v ose Z. Aby nástroj v zásobníku nástrojů měl stejné vysunutí jako reálný nástroj v tabulce *Seřízení držáku*, zvolíme *Vypočítat* a na základě předešlých hodnot (délka řezné části a délka stopky nástroje) se automaticky vypočítá délka vyložení nástroje totožné ze stroje Obr. 30



Obr. 29. Délková hodnota ze stroje

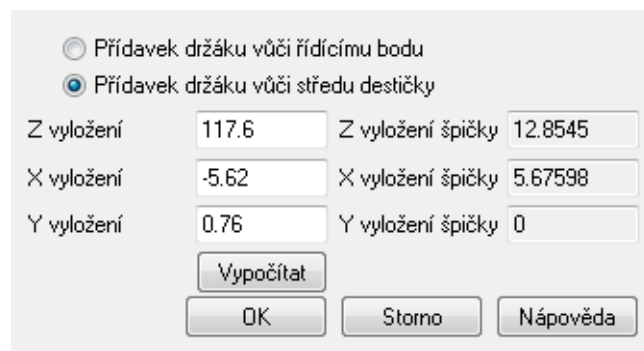


Obr. 30. Ukázka seřízení v zásobníku nástrojů

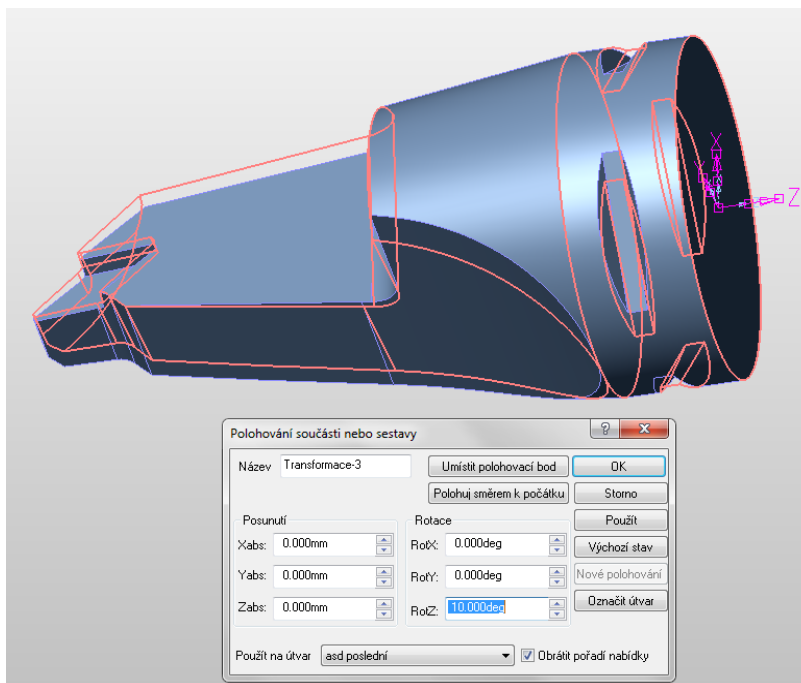
3.3.3 Stranový soustružnický ubírací nůž.

U soustružnických nástrojů má každá vyměnitelná břitová destička svoje lůžko, to je prostor kam se umísťuje břitová destička, která definuje řeznou část nástroje. Tvar destičky závisí na typu nástroje (závitový, ubírací, vnitřní) a v zásobníku nástrojů se definuje buď pomocí *Standart kódu*, nebo jednotlivými hodnotami, které udává výrobce držáku nástrojů. V záložce *Seřizovací* se ze schránky vloží geometrie modelu držáku, nastaví se seřízení v Z, určí typ držáku, úhel orientace a řídicí bod nástroje. Jelikož se nejedná o rotační nástroj, je zde potřeba určit polohu vyměnitelné břitové destičky ve všech rovinách s ohledem na souřadný systém při polohování viz: Úprava soustružnického držáku nástrojů v okně *Držák-seřízení*. Zde se zadají hodnoty (přídavky) držáku vůči středu destičkám

Po osazení držáku nástrojů břitovou destičkou se zkontroluje její poloha v lůžku. Většina destiček nemá správnou polohu, proto zde muselo docházet k úpravě souřadného systému držáku.

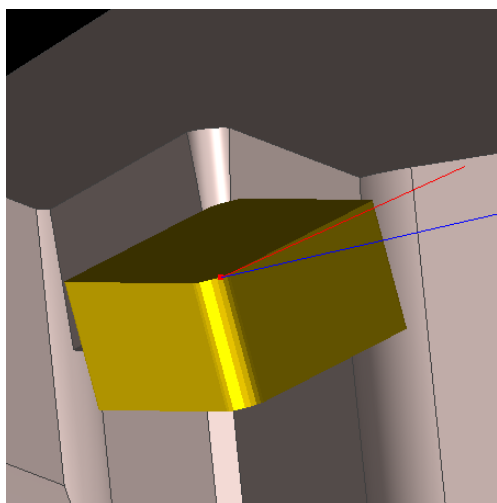


Obr. 31. Ukázka hodnot z tabulky Držák- Seřízení

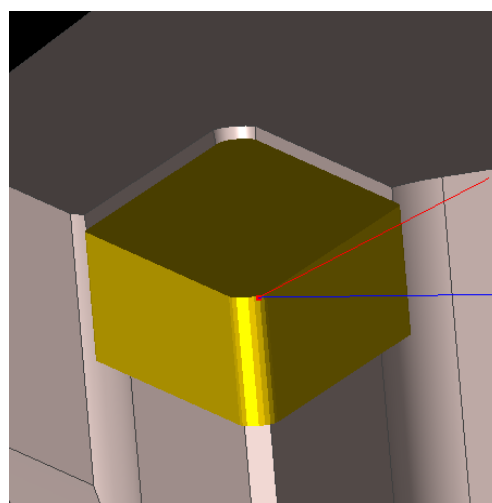


Obr. 32. Pootočení nástroje osy v Z v Part Modeláři

Úprava souřadného systému není složitá, ve většině případů se jedná jen o malou stupňovou nepřesnost roviny břitové destičky a lůžka držáku nástrojů. V Part Modeláři si otevřeme aktuální 3D model držáku nástrojů a v levé části u názvu modelu zvolíme *Polohovat součást*. Nadefinovaný souřadný systém otočíme pouze kolem osy Z podle potřeby buď do kladných, nebo záporných hodnot, zdali destička na lůžko nedoléhala, nebo přesahovala. Importovaný model se nijak needituje, zůstávají původní hodnoty v zásobníku nástrojů. V záložce *Seřízení* se vybere možnost *Ze schránky*



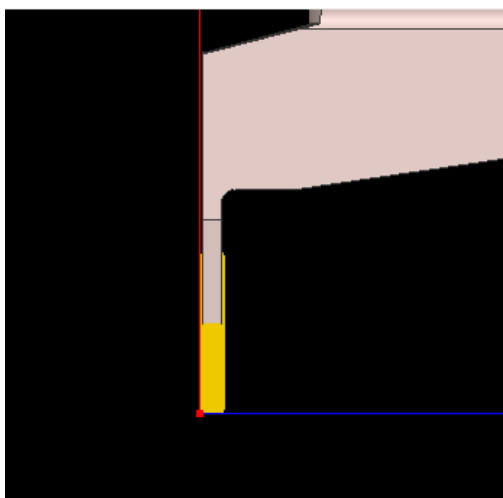
Obr. 34. Špatně usazená břitová destička



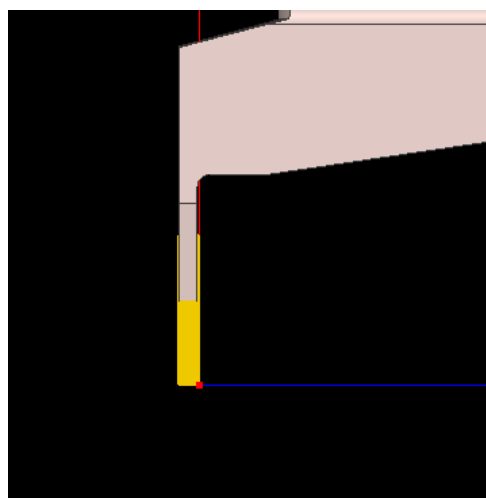
Obr. 33. Správně usazená břitová destička

3.3.4 Soustružnický upichovací nůž

U upichovacího soustružnického nástroje se musí při jeho definování grafické části řezné plochy vytvořit několik 3D modelů. Nástroj má pouze jen jednu břitovou destičku a je pouze určen pro upichovací operace. Tento nástroj se použije v zásobníku nástrojů ve dvou kopiích a to z důvodu určení řídícího bodu nástroje. Jedná se tedy o primární a sekundární polohu nástroje. Tímto nástrojem se mohou provádět různé tvarové zapichovací operace, kde je zapotřebí sekundární řídící bod nástroje. Postup tvorby toho nástroje je, že se z Part Modeláře načte 3D model jako sestava (držák nástroje s nástavcem) a definuje se nástroji patřičná břitová vyměnitelná destička. Typ použité destičky udává výrobce daného nástroje. V našem případě se jedná o destičku v šíři 3mm. Tento parametr je zapsán v zásobníku nástroje v záložce *Řídící bod nástroje*. Zde se zvolí *Sekundární* a nástroj se následně uloží do databáze. Následně se provede kopie daného nástroje pro účely tvorby nového nástroje s parametrem - *Řídící bod nástroje* možnost *Primární*. Při používání tohoto nástroje je velmi důležité rozpoznávat polohu řídícího bodu, aby nedošlo ke kolizi při vlastním obrábění.



Obr. 36. Sekundární řídící bod nástroje



Obr. 35. Primární řídící bod nástroje

4. SIMULACE OBRÁBĚNÍ V EDGECAMU

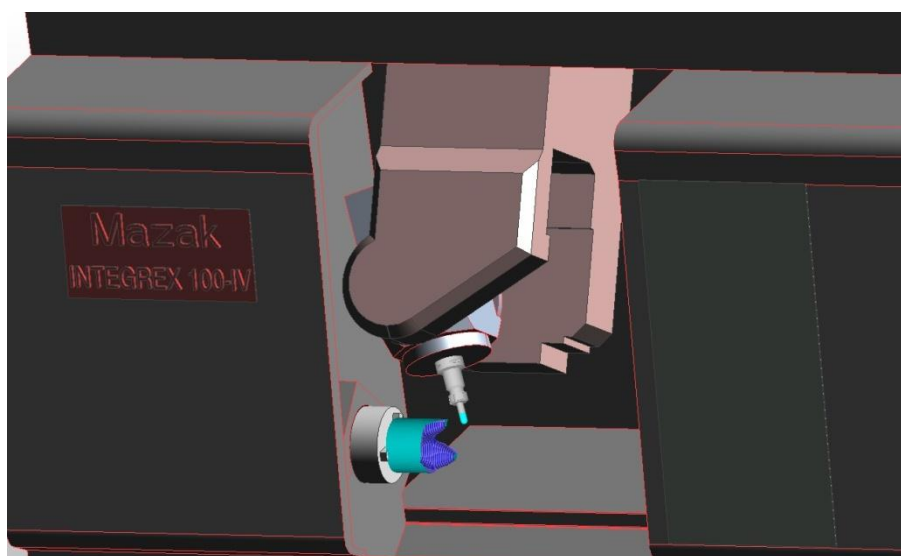
V této kapitole byl vytvořený zásobník nástrojů a osazen reálnými nástroji, které byly vyzkoušeny na náhodně vybraných dvou prototypových dílech z běžné praxe a zároveň ověření kolizních stavů.

4.1 Kolizní stavy při obrábění

Při simulaci v programu EdgeCam nebo při skutečném obrábění může dojít ke kolizi. Kolizních stavů je několik, a proto byl vytvořen zásobník nástrojů, aby se pomocí těchto virtuálních nástrojů předešlo reálné kolizi, která by způsobila veliké finanční a materiálové škody.

4.1.1 Kolize nástrojové hlavy a prostoru stroje

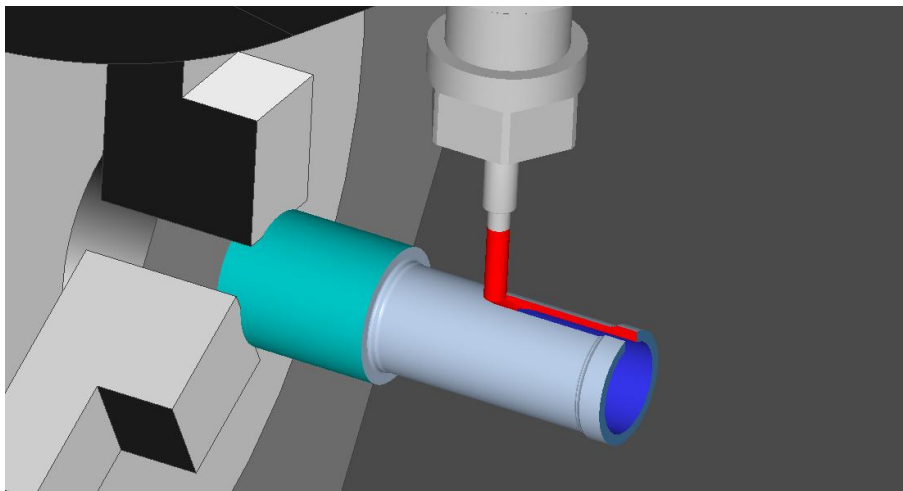
Tento typ kolize může nastat např. při frézování složité tvarové součásti, kde je potřeba velkého vyklonění B osy o více než 90° např. při 5osém frézování může dojít ke kolizi, jak se sklíčidlem, tak s kryty pracovního prostoru stroje. Při běžné kolizi dojde k zbarvení držáku nebo nástroje podle typu kolize, v tomto případě dochází k červenému obrysu nástrojové hlavy a stroje



Obr. 37. kolize nástrojové hlavy a krytu plechu stroje

4.1.2 Kolize rychloposuvu do materiálu

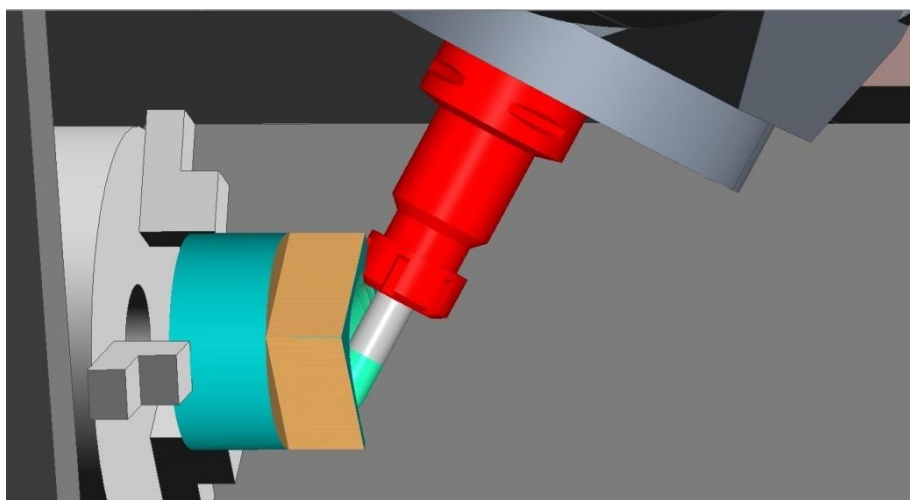
Tato kolize je jedna z nejčastějších, neboť se může vyskytovat při jakékoliv operaci obrábění (soustružení, frézování, vrtání). Jedná se o kolizi buď samotného držáku nástroje, nebo samotné řezné části, buď při nájezdech, nebo výjezdech vůči obrobku.



Obr. 38. Kolize rychloposuvu vůči materiálu

4.1.3 Kolize držáku vůči obrobku

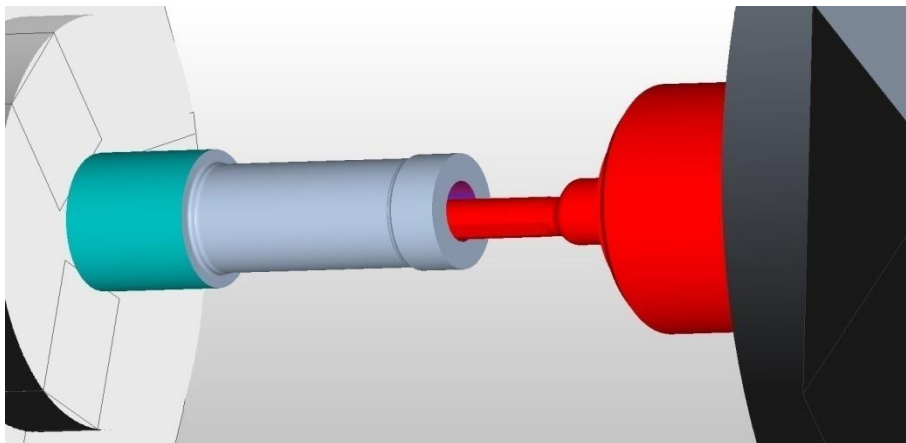
K této kolizi dochází nejčastěji zejména při frézování drážek, dutin nebo tvarových ploch, kdy vyložená délka řezné části nástroje je malá a dochází ke kolizi mezi obrobkem a držákem nástroje.



Obr. 39. Kolize držáku nástrojů vůči obrobku

4.1.4 Kolize vnitřního soustružení s odskokem

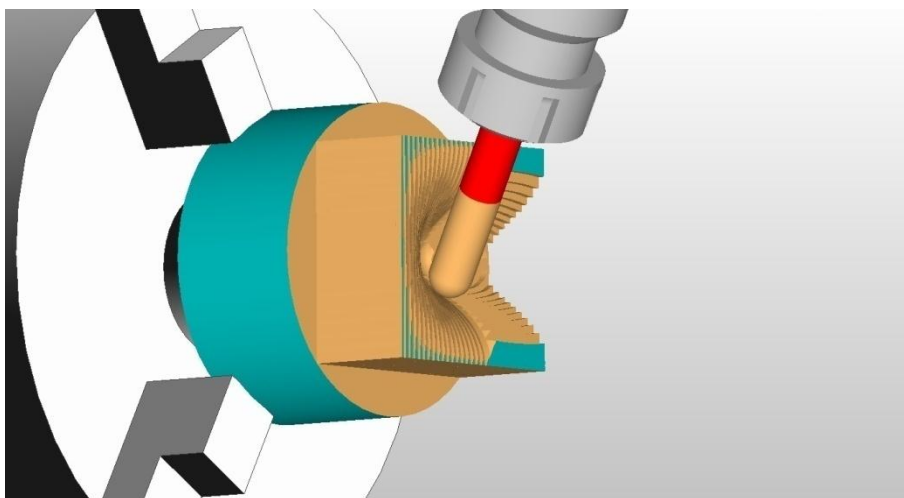
Jedná se o nejčastější kolize při soustružení vnitřními noži. Zde dochází k velkému odskoku nástroje v soustružené dutině od obráběné strany a při přejíždění rychloposuvem se nástroj pomocí bezpečné vzdálenosti vzdálí od obráběné plochy více, a dochází ke kolizi zadní strany nástroje s obrobkem.



Obr. 40. Kolize vnitřního soustružení s odskokem

4.1.5 Kolize lokální podříznutí

Kolize vznikající při víceosém obrábění, kde dochází ke špatnému napolohování nástroje vůči obráběné ploše a dojde ke kolizi části nástroje s částí obrobku. Musí se jednat o neřeznou část nástroje, protože v případě řezné části by docházelo k podřezávání a EdgeCam by tento způsob nevyhodnotil jako kolizi, ale jako nepřesnost obrábění vůči původnímu modelu obrobku.



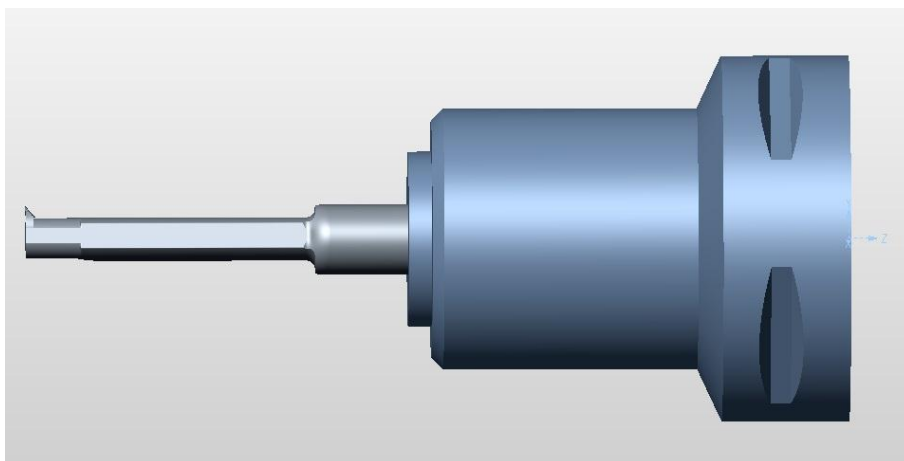
Obr. 41. Lokální podříznutí

4.2 Nucená úprava grafiky držáku nástrojů

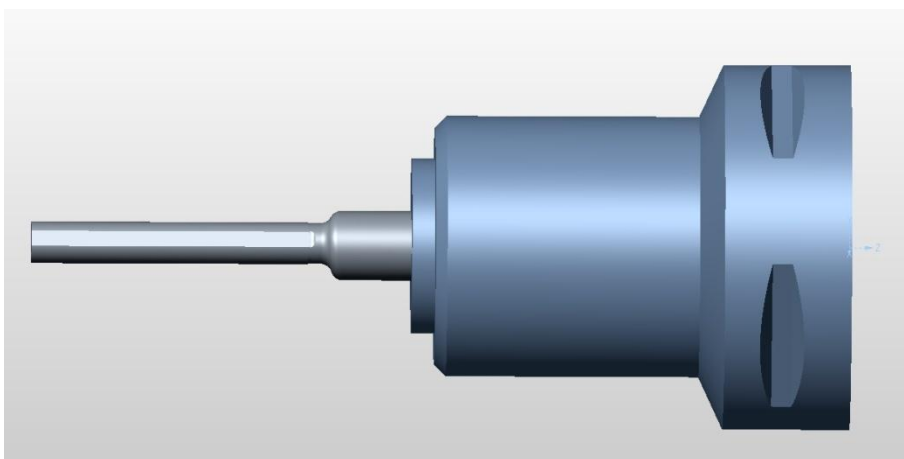
Při tvorbě grafiky držáku nástrojů se musela grafika u některých nástrojů (zejména soustružnických) upravit z hlediska jejich konstrukce. Důvodem úpravy grafiky byla příliš sekavá a pomalá simulace v prostředí EdgeCam. Jeden z pokusů řešení tohoto problému bylo pořízení kvalitnějšího hardware na PC stanici, kde byla simulace prováděna, avšak tento problém nebyl vyřešen. Další možností bylo znovu vytvoření původního držáku nástrojů, kde bylo podezření na špatný import z Part Modeláře. Opětovný import pomohl odstranit jen některé nedostatky.

Daný problém byl způsoben špatným rozpoznáním importovaného modelu v Part Modeláři, kde zaoblené hrany držáku nástrojů byly rozdělené na menší jednotlivé plošné segmenty, které byly při simulaci kontrolovány z důvodu kolize, a to způsobovalo zpomalování a neplnulost simulace. Jednalo se o části nástrojů, které jsou u reálných modelů z důvodu zvýšení tuhosti nástroje. Tento problém byl konzultován s odborníky firmy Sandvik, kde řešením byl návrh, aby se dané části nástroje, které jsou na modelu z důvodů tuhosti, odstranily. Takto provedená úprava nemá vliv na kolizní stavy při obrábění. Jedním z výsledků byla úprava geometrie nástroje, kde se zachovala původní řezná část nástroje, která byla rozšířená až do místa na nástroji, které určuje maximální hloubku pro soustružení.

Dalším úspěšným řešením jiného soustružnického nástroje bylo odebrání geometrie lůžka pro vyměnitelnou břitovou destičku. U reálného nástroje je lůžko z důvodu uložení destičky, v našem případě má destička pevně nadefinovanou polohu z hodnot stroje a geometrie lůžka není potřeba. Opět případné odstranění této geometrie nástroje nemělo ve finálním stavu vliv na kolizní stavy při obrábění.



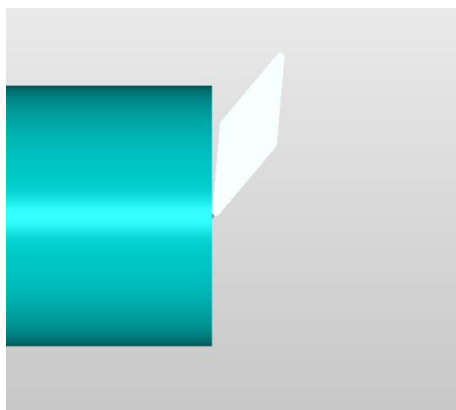
Obr. 42. Držák nástrojů bez upravené grafiky



Obr. 43. Držák nástrojů s úpravou grafiky

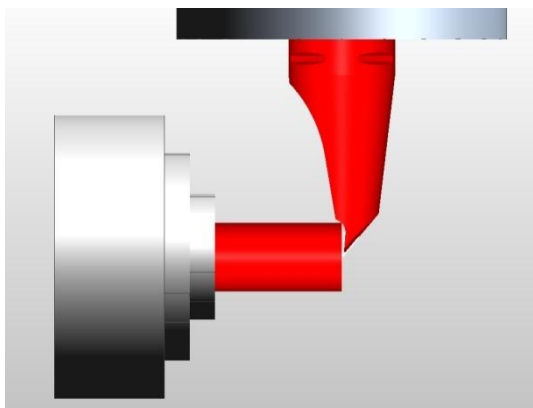
4.3 Význam držáku nástroje v praxi

V běžné praxi ve velkých firmách a podnicích při opakované velkosériové výrobě nemá grafika držáků až tak velké uplatnění, poněvadž firmy používají velkou škálu obráběcích nástrojů a tento proces tvorby zásobníku nástrojů je zdoluhavý a složitý. V tomto případě během celého programování součásti používají programátoři pouze tvar břitové destičky bez držáku nebo samotnou frézu bez upínače. Zde je simulace obrábění bezpředmětná, protože neodhalí všechny kolizní stavy (kromě kolize rychloposuvu), jen slouží orientačně pro programátora, aby zkontroloval polohu a pohyby nástrojů. Bez použití grafiky držáků nástrojů je zde možné riziko kolize. Způsob programování bez grafiky držáků si vyžaduje velmi zkušeného programátora, který velmi dobře zná používaný sortiment obráběcích nástrojů a dokáže kolizní stavy během

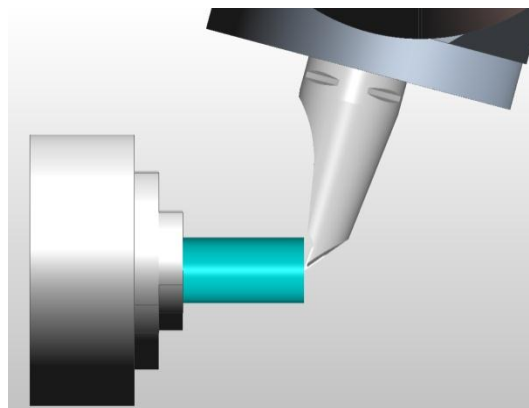


Obr. 44. Simulace obrábění bez držáků nástrojů

programování součásti předvídat a eliminovat. Součást, která byla naprogramovaná bez držáků nástrojů, se s velkou opatrností a pozorností odladí na stroji (centru), protože zde může dojít ke kolizi. Pokud odladění proběhne v pořádku, může začít velkosériová výroba, popř. program se rozšíří na další CNC stroje (centra). Odlad'ování programů zabere poměrně hodně času. V případě velkosériové výroby se časová ztráta zanedbává. Uplatnění nachází grafika držáků v malosériové složitých tvarových součásti, v našem případě prototypové výrobě, neboť se zde vyrábějí tvarově složité součásti, kde je zapotřebí plného rozsahu pracovního prostoru a všech os na stroji, proto je zde větší pravděpodobnost kolizního stavu. V některých případech držák nástrojů způsobuje kolizní stav, proto je potřeba nástroj naklonit o určitý úhel. Tento úhel není libovolný, protože by se změnila geometrie řezné části nástroje, a to by mělo za následky menší trvanlivost nástroje, horší odvod třísek, vznik vyšších teplot apod.



Obr. 46. Simulace obrábění s držákem nástrojů bez vyklonění



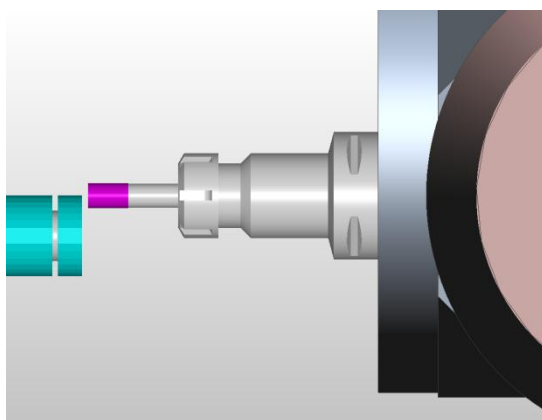
Obr. 45. Simulace obrábění s držákem nástrojů s vykloněním na 75°

4.4 Simulace obrábění tvarové součásti

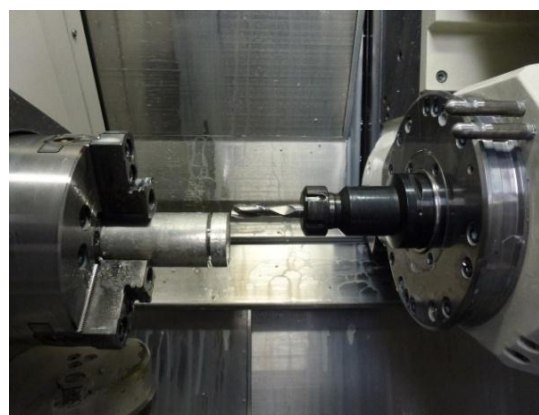
Zásobník nástrojů byl vyzkoušen na dvou prototypových součástech, kde byla využita většina technologií, které obráběcí centrum Mazak Integrex 100-IV nabízí. Obě dvě součásti byly v tomto případě naprogramovány dvěma způsoby, pouze s řeznými částmi nástrojů bez držáku nástrojů a následně s držáky nástrojů.

V případě použití technologie frézování se musela znát skutečná délka vysunutí frézy reálného nástroje. Pokud by délka vysunutí reálného nástroje nebyla totožná s délkou ve virtuálním zásobníku, ale byla by větší, hrozila by kolize, která by nebyla zjištěna během samotné simulace, ale až na stroji během obrábění. Daná operace byla vyřešena zmenšením délky vyložení ve virtuálním zásobníku z důvodu předpovídané kolize, kde na reálném nástroji mohla být délka frézy vyššího vyložení, a tím by byla zajištěna délková rezerva, aby nedošlo ke kolizi držáku s obrobkem viz 4.1.3. Tento způsob lze uplatnit jak u rotačních tak i nerotačních nástrojů (frézy, vrtáky, závitníky, vnitřní soustružnické nože...). Při odladování programu bez držáků nástrojů se provedla několikrát simulace obrábění na samotném stroji. Při zhotovování součásti se dále pečlivě pohyby a vzdálenosti nástrojů a průběh programu na obrazovce, protože by se mohlo stát, že by nějaká hodnota neseděla a mohlo by dojít k případné kolizi. Tento způsob výroby byl velmi časově zdoluhavý a vyžadoval velkou pozornost a dobrou znalost čtení programu obsluhy.

V případě programování součásti s držáky nástrojů ve virtuálním zásobníku v prostředí EdgeCam je nahrán postprocesor skutečného stroje. Samotná výroba součásti je časově rychlejší, poněvadž se nemusí dbát na opakovanou simulaci na stroji.



Obr. 48. Výroba skutečné součásti na stroji Mazak Integrex 100 IV



Obr. 47. Simulace obrábění s držákem v software EdgeCam

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření virtuálního zásobníku nástrojů a osazení reálnými držáky. Následně se provedlo odzkoušení kolizních stavů, což bylo úspěšně splněno na prototypových součástkách. Tyto součástky byly vyrobeny na stroji Mazak Integrex 100-IV, pro který byl virtuální zásobník vytvořen. Zásobník byl vytvořen pro další využívání katedry při programování tvarových součástí, což bylo ověřeno při výrobě na dalších součástech, kde byl odzkoušen a použit virtuální zásobník. Příprava mezi naprogramováním a zhotovením součásti se výrazně zkrátila a nedocházelo k opětovnému návratu programátora k PC, úpravě programu, vygenerování nového NC kódu, opětovné simulaci a odladění programu, což se velmi často stávalo při programování bez držáku nástrojů. Zkrácení času záleží na složitosti a počtu operací dané součásti. Dalším přínosem tvorby tohoto virtuálního zásobníku je možnost řešení případných kolizních stavů. Ty jsou odhaleny a vyřešeny při simulaci obrábění v software EdgeCam a tím se předchází kolizím ve skutečném obrábění na daném stroji.

Seznam použité literatury

1. DesignTech: Když se řekne PLM. [online]. [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.designtech.cz/c/plm/kdyz-se-rekne-plm.htm>
2. DEJMEK, Jaroslav. *Bakalářská práce*. TUL Liberec, 2011. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
3. SADÍLEK, Marek. *Počítačová podpora výroby: studijní opora* [online]. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Ostrava, 2011, s. 80 [cit. 2013-05-14].
4. RAIMAN, Aleš. *Bakalářská práce*. TUL Liberec, 2010. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
5. KELLER, Petr. *Programování a řízení CNC strojů: prezentace přednášek - 2. část* [online]. TUL. Liberec, 2005, s. 60 [cit. 2013-05-14].
6. Soustruh: univerzální hrotový soustruh. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soustruh>
7. CNC Invest, s.r.o. [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.cnc-invest.cz/clanky.php?id=110>
8. ŠAFKA, Jiří. *Diplomová práce: Problematika 5 osé výroby na INTEGREGEX 100*. TUL, 2007. Diplomová. TUL.
9. *Ústav pro nanomateriály a inovační technologie* [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://cxi.tul.cz/>
10. *Autodesk: Autodesk inventor 2013* [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: www.autodesk.cz/
11. KATALOG NÁSTROJŮ. *SANDVIK coromant* [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com>
12. EDGE CAM. *EdgeCam: Nexnet* [online]. 2013 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.edgecamcz.cz/>

Seznam obrázků

Obr. 1. CNC soustruh [7].....	10
Obr. 2. Konvenční soustruh [6]	10
Obr. 3. Hierarchie výroby součásti pomocí CAD/CAM systému [3].....	11
Obr. 4. Formát bloku jednoho řádku NC programu [5].....	13
Obr. 5. Kinematické schéma Mazak Integrex 100-IV [9]	15
Obr. 6. Nástrojové vřeteno stroje.....	16
Obr. 7. Hlavní vřeteno stroje	16
Obr. 8. Fotografie stroje Mazak Integrex 100-IV	17
Obr. 9. Ukázka rozložení sil upínací systém Coromant Capto [11]	18
Obr. 10. Číselné označení nástroje	20
Obr. 11. Upravená grafika držáku nástrojů.....	20
Obr. 12. Neupravená grafika držáku nástrojů.....	20
Obr. 13. Ukázka napolohování držáku nástrojů v Part Modeláři	21
Obr. 14. Grafika držáku bez úpravy	22
Obr. 15. Grafika držáku nástrojů po úpravě	22
Obr. 16. Původní držák nástrojů	23
Obr. 17. Nástavec.....	23
Obr. 18. Držák nástroje s nástavcem	23
Obr. 19. Speciální nástroj MT CoroPlex	24
Obr. 20. Břitová část nástroje MT CoroPlex	24
Obr. 21. Správce zásobníku nástrojů	25
Obr. 22. Zásobník nástrojů	26
Obr. 23. Výstup modelu z Part Modeláře	27
Obr. 24. Model Vrtáku průměr 10	28
Obr. 25. Model držáků nástrojů s vrtákem průměrem 10mm.....	28
Obr. 26. Kulová fréza z katalogu výrobce Sandvik Coromant [11]	29
Obr. 27. Grafika kulové frézy po úpravě v EdgeCamu	30
Obr. 28. Grafika kulové frézy před úpravou.....	30
Obr. 29. Délková hodnota ze stroje	30
Obr. 30. Ukázka seřízení v zásobníku nástrojů	31
Obr. 31. Ukázka hodnot z tabulky Držák- Seřízení.....	31
Obr. 32. Pootočení nástroje osy v Z v Part Modeláři	32
Obr. 33. Správně usazená břitová destička	32
Obr. 34. Špatně usazená břitová destička	32
Obr. 35. Sekundární řídicí bod nástroje	33
Obr. 36. Sekundární řídicí bod nástroje.....	33
Obr. 37. kolize nástrojové hlavy a krytu plechu stroje	34
Obr. 38. Kolize rychloposuvu vůči materiálu.....	35
Obr. 39. Kolize držáku nástrojů vůči obrobku.....	35
Obr. 40. Kolize vnitřního soustružení s odskokem.....	36

Obr. 41. Lokální podříznuti	36
Obr. 42. Držák nástrojů bez upravené grafiky	38
Obr. 43. Držák nástrojů s úpravou grafiky	38
Obr. 44. Simulace obrábění bez držáků nástrojů	39
Obr. 45. Simulace obrábění s držákem nástrojů s vykloněním na 75°	39
Obr. 46. Simulace obrábění s držákem nástrojů bez vyklonění.....	39
Obr. 47. Simulace obrábění s držákem v software EdgeCam	40
Obr. 48. Výroba skutečné součásti na stroji Mazak Integrex 100 IV	40

